



(19)

(11) Publication number:

56

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN(21) Application number: **54102473**(51) Intl. Cl.: **G01B 11/24 G01B 11/16**(22) Application date: **09.08.79**

(30) Priority:	(71) Applicant: RIKAGAKU KENKYUS
(43) Date of application publication: 13.03.81	(72) Inventor: YAMAGUCHI ICHIRO
(84) Designated contracting states:	(74) Representative:

(54) MALFORMATION MEASURING METHOD

(57) Abstract:

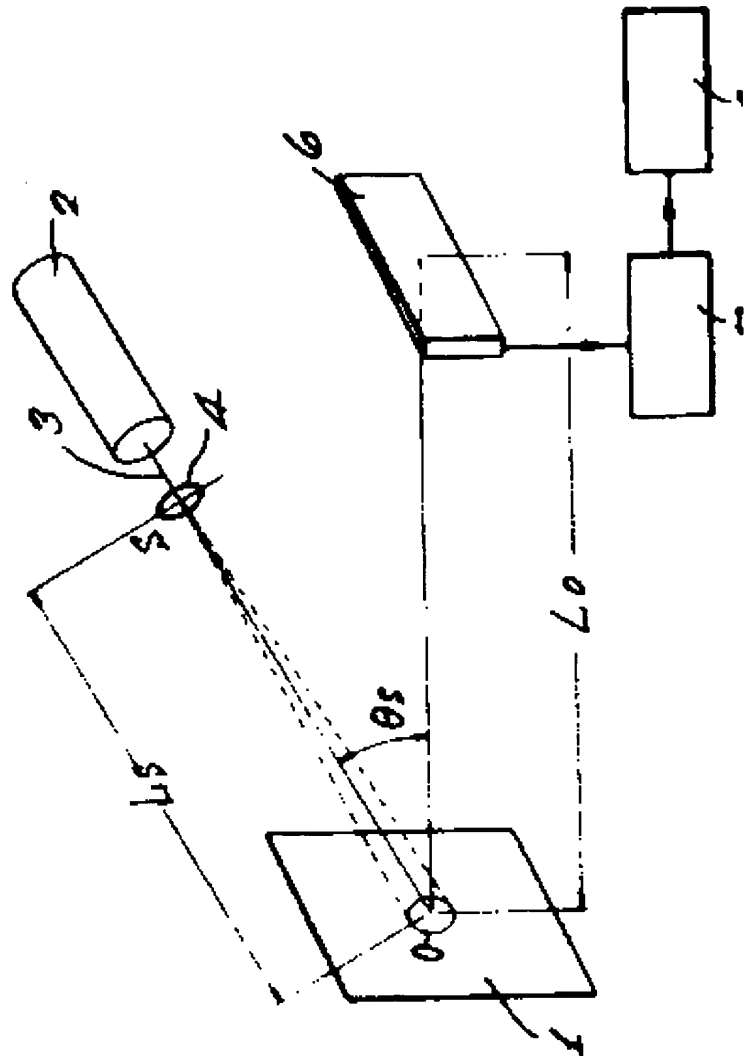
PURPOSE: To measure the extent of malformation of an object, by giving a photoelectric conversion to the speckle pattern of the object before and after receiving the malformation and then obtaining the mutual correlation function among the signals.

CONSTITUTION: Semiconductor image sensor 6 is provided to the surface of observation, and measuring region 0 of object surface 1 is irradiated by laser beam 3 given from laser source 2 through magnifying lens 4 to obtain a speckle pattern. Then a photoelectric conversion is given to the speckle pattern. Also a photoelectric conversion is given to the speckle pattern before and after object 1 receives the malformation, and this output is stored in the memory of microcomputer 7 after an A/D conversion. Then the mutual correlation function is calculated

Best Available Copy

among the signals. The position of the maximum value of the function thus obtained shows the extent of malformation of the object.

COPYRIGHT: (C)1981,JPO&Japio



⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭56—26208

⑬ Int. Cl.³
G 01 B 11/24
11/16

識別記号
1 0 1

庁内整理番号
6666—2F
6923—2F

⑭ 公開 昭和56年(1981)3月13日

発明の数 1
審査請求 有

(全 5 頁)

⑮ 変形の測定方法

和光市諏訪原団地 2—6—203

⑯ 特 願 昭54—102473

⑰ 出 願 人 理化学研究所

⑱ 出 願 昭54(1979)8月9日

和光市広沢 2 番 1 号

⑲ 発 明 者 山口一郎

⑳ 代 理 人 弁理士 中村稔 外 4 名

明 細 書

1. 発明の名称 変形の測定方法

2. 特許請求の範囲

- 1) 変形前・後の物体表面の一部をレーザービームで照射してスペツクル模様を現出し、この変形前・後のスペツクル模様をそれぞれ光電変換して得られる信号間の相互相関関数を求め、その相互相関関数の極値の位置として求められるスペツクル模様の移動量から物体の変形量を決定することを特徴とする測定方法。
- 2) 前記の変形が物体の並進、回転、歪のいずれかまたはそれらの組合せにより生ずることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の測定方法。
- 3) 前記の光電変換が半導体イメージセンサーにより行われることを特徴とする特許請求の範囲第1項に記載の測定方法。

3. 発明の詳細な説明

本発明はスペツクル模様の移動量から物体の変形を測定する方法に関する。

物体をレーザービームで照射したときに生ずるスペツクル模様は、物体の並進、回転、歪などによる物体の微小な変形によつて移動する。このスペツクル模様の移動量から物体の変形量を測定する方法として、スペツクル写真法がある。スペツクル写真法は、物体の変形前・後のスペツクル模様を写真フィルムに二重露光し、これを現像処理したネガフィルムをレーザービームで照射して、ネガフィルムの後方に配置したスクリーン上に現出する縞模様の間隔からスペツクル模様の移動量を求め、この移動量から物体の変形量を測定するものである。しかし、この従来公知のスペツクル写真法では次のような問題がある。

- ① 物体の変形を実時間測定できず、測定の自動化も困難である。
- ② スペツクル模様の移動量の符号が求められないので、物体の変形量を完全に決定することが

できない。

- (3) スペックルの平均径以下の移動量は検知できないので、物体の変形の測定範囲が狭く制約を受ける。

本発明は上記に鑑みなされたものであつて、物体の変形前後におけるスペックル模様を光電変換し、得られる信号間の相互相関関数の極値の位置として求められるスペックル模様の移動量から物体の変形量を測定する方法を提供するものである。

以下、添付図面により本発明を詳しく説明する。第1図は本発明を説明するための測定系の一例である。図示の如く、物体面1の測定領域0を、レーザ光2からのレーザビーム3で必要に応じて拡大レンズ4を介して照射し、得られるスペックル模様を観察面5で観察する。

ここで、物体面上の座標軸： x, y, z 、レーザビームの発散点の距離： $OS = L_0$ 、発散点の方向： $\angle \alpha_x, \angle \alpha_y, \angle \alpha_z$ 、物体面と観察面の距離： L_0 、観察点Pの方向： $\angle \beta_x, \angle \beta_y, \angle \beta_z$ 、レーザビームで照射した領域における物体の並進、回転、

8

$$+ \angle \beta_y^2 - /) - \Omega_x \left(\frac{L_0}{L_s} \angle \alpha_y \angle \alpha_z + \angle \beta_y \angle \beta_z \right) - L_0 [- \Omega_x (\angle \alpha_x + \angle \beta_x) - \Omega_y (\angle \alpha_y + \angle \beta_y) + \epsilon_{xx} (\angle \alpha_x + \angle \beta_x) + \epsilon_{xy} (\angle \alpha_y + \angle \beta_y)] \dots \dots \dots (2)$$

スペックルの移動量 A_x, A_y の測定は次のようにして行う。

第2図に示す如く、半導体イメージセンサ6を第1図のP点に対応する位置に配置して、物体が変形を受ける前・後のスペックル模様を光電変換し、その出力信号をA/D変換してマイクロコンピュータ7のメモリーに格納し、信号間の相互相関関数を計算する。得られる関数の最大値の位置が物体の変形量を示す。なお、図中8は相関計であつて、第3図に示す相互相関関数の形を与えるために特に配置したもので必ずしも必要でない。

なお、(1)、(2)式からも明らかなように、物体の並進 ($\Delta x, \Delta y, \Delta z$)、回転 ($\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z$)、歪 ($\epsilon_{xx}, \epsilon_{xy}, \epsilon_{yy}$) が同時に生ずる場合には、それらの未知数の数に応じてレーザビームの発散点8の位置ないしイメージセンサ6の位置を変え

5

歪の成分をそれぞれ： $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ 、 $(\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z)$ 、 $(\epsilon_{xx}, \epsilon_{xy}, \epsilon_{yy})$ とする。

以下の条件下で、物体が変形を受ける前・後に於ける観察点でのスペックル模様の強度分布 $I_1(x, y)$ と $I_2(x, y)$ の間の相互相関関数を求め、

$$C(\bar{x}, \bar{y}) = \langle I_1(x, y) I_2(x + \bar{x}, y + \bar{y}) \rangle$$

(ただし、 $\langle \rangle$ は集合平均を意味する。)

を計算する。計算過程は複雑なためここでは省略するが、結果的には $C(\bar{x}, \bar{y})$ は $\bar{x} = A_x, \bar{y} = A_y$ で最大値をとる。 A_x, A_y は次式で与えられ、物理的には物体変形によるスペックル模様の移動量に相当する。

$$A_x = - \Omega_x \left(\frac{L_0}{L_s} (\angle \alpha_x^2 - /) + \angle \alpha_x^2 - / \right) - \Omega_y \left(\frac{L_0}{L_s} \angle \alpha_x \angle \alpha_y + \angle \alpha_x \angle \alpha_y \right) - \Omega_z \left(\frac{L_0}{L_s} \angle \alpha_x \angle \alpha_z + \angle \alpha_x \angle \alpha_z \right) -$$

$$L_0 [- \Omega_x (\angle \alpha_y + \angle \beta_y) - \Omega_y (\angle \alpha_x + \angle \beta_x) + \epsilon_{xx} (\angle \alpha_x + \angle \beta_x) + \epsilon_{xy} (\angle \alpha_y + \angle \beta_y)] \dots \dots \dots (1)$$

$$L_0 [- \Omega_y (\angle \alpha_y + \angle \beta_y) - \Omega_z (\angle \alpha_z + \angle \beta_z) + \epsilon_{yy} (\angle \alpha_y + \angle \beta_y) + \epsilon_{yz} (\angle \alpha_z + \angle \beta_z)] \dots \dots \dots (2)$$

$$A_y = - \Omega_x \left(\frac{L_0}{L_s} \angle \alpha_y \angle \alpha_x + \angle \beta_y \angle \beta_x \right) - \Omega_y \left(\frac{L_0}{L_s} (\angle \alpha_y^2 - /) + \angle \alpha_y^2 - / \right) - \Omega_z \left(\frac{L_0}{L_s} \angle \alpha_y \angle \alpha_z + \angle \beta_y \angle \beta_z \right) -$$

4

て相互相関関数の最大値を求め連立方程式を解くことにより並進、回転、歪を求める必要がある。

例えば、第2図の測定系において半導体イメージセンサ6に1次元のセンサを用い、物体が歪歪方向に対する並進 Δx と、それに直角な軸のまわりの面外回転 Ω_y を行う場合には、(1)式及び(2)式で表わされるスペックルの移動量 A_x, A_y は次式で与えられる。ここで θ_s は平行なビームの入射角である。

$$A_x = \Delta x \left(\frac{L_0}{L_s} \cos^2 \theta_s + / \right) + \Omega_y L_0 (/ + \cos \theta_s), A_y = 0$$

したがって、この場合には未知数が $\Delta x, \Delta y$ の2つであるので、それらを分離して求めるためには、2つの異つた入射角 θ_s 又は距離 L_0 に対してイメージセンサ6の出力信号の相互相関関数の最大位置を求める必要がある。

実施例

レーザビームとして出力5mWのHe-Neレーザを用い、金属板の面内変位 $|\Delta x| = 2.5 \mu m \sim 1.0 mm$ 、面外回転 $\Delta y = 0.01 \sim 0.40 \text{ deg}$ の各(が単独に起る場合)変形についてそれぞれ測定した結果、第2図及び

872加入

6

第4図を得た。なお半導体イメージセンサーとして素子数1024で分解能1.5mmの次元イメージセンサー、マイクロコンピュータとして16KWのメモリ容量のものを用いた。

第2図及び第4図の測定結果からも明らかなように、面内変位及び面外回転がいずれも精度よく測定されていることが理解される。なお、参考のため $\Delta x = 100 \mu m$ の面内変位に対して得られたイメージセンサーの出力の相互相関関数を第5図に示す。遅延0にしたがつて、 $\bar{x} = 0$ に対応する位置は中央にとつてあるので、中央から極値の位置までの時間 τ_1 がスペツクルの移動量 Δx に比例し、スペツクル模様が正の方向に動いたことが分る。

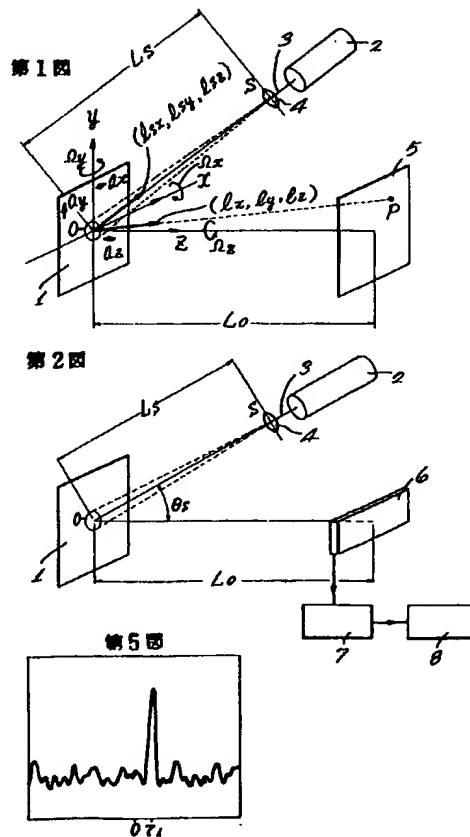
以上詳述したように、本発明は物体が変形を受ける前後のスペツクル模様を光電変換し、得られる信号間の相互相関関数の極値の位置として求められるスペツクル模様の移動量から物体の変形量を測定する方法である。そのため、実時間測定ができ、測定系の配置も簡単でしかも自動化が容易

である。スペツクル模様の移動量の符号が求められるので、物体の変形量を完全に知ることができる。イメージセンサーの受光面でのスペツクルの平均径は $\lambda L_0/d$ (ただし、 λ はレーザービームの波長、 d は物体面上でのビーム径)に等しいので、センサーの分解能をこの値より小さくすればよく、測定範囲も広くなる。

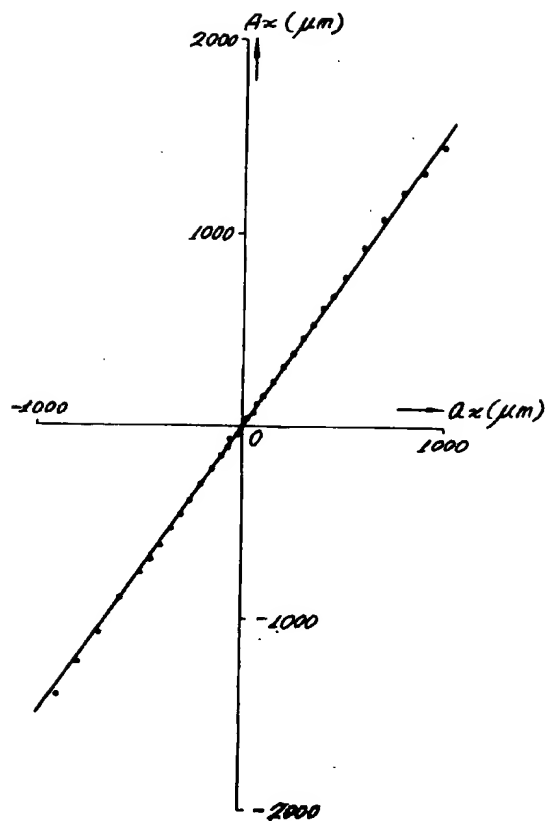
4 図面の簡単な説明

第1図は本発明を説明するための測定系の一例を示す。第2図は本発明の実施例に用いた測定系の一例を示す。第3図と第4図は本発明の実施例で得られたスペツクル模様の移動量に対する物体の面内変位又は面外回転の関係を示すグラフ。第5図は本発明の実施例における物体の面内変位に対して得られたイメージセンサーの出力の相互相関関数を示す。

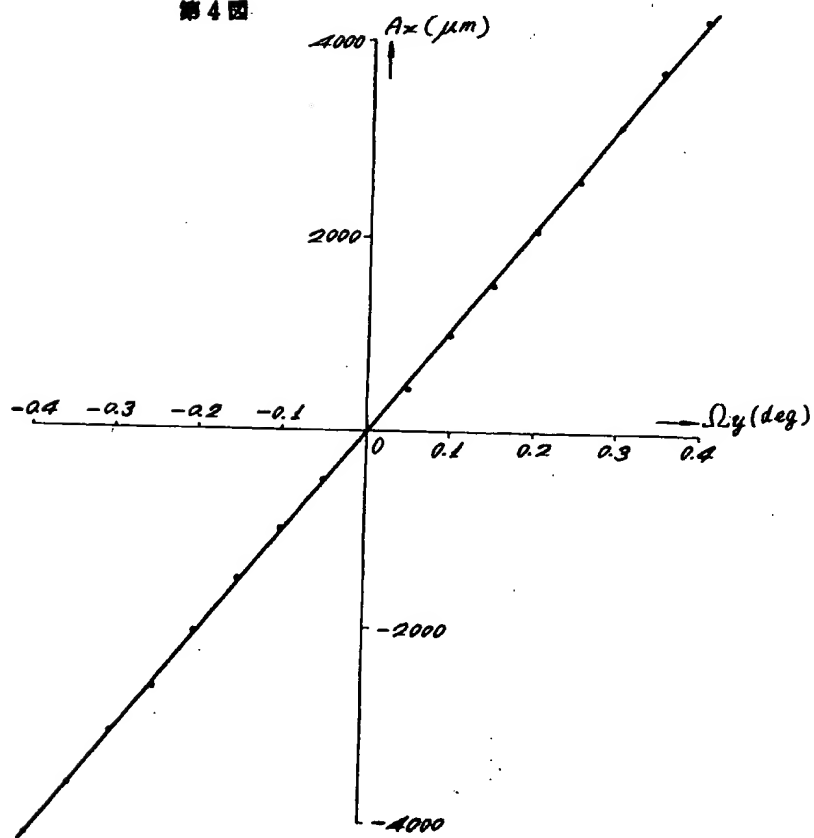
図中の符号：1…物体面、2…レーザービーム、3…観察面、4…イメージセンサー、7…マイコン、8…点光源の距離、 L_0 …物体面と観察面の距離、 Δx …スペツクルの移動量。



第3図



第4図



明細書中の誤記を下記のとおり訂正する。

頁	行	誤	正
6	8	平行なピーム	ピーム
•	10	ayL。	ayL。
•	15	得る	を得る
7	10	遅延。	遅延が。

手続補正書

54.9.19

昭和 年 月 日

特許庁長官 川原能雄 殿

1. 事件の表示 昭和54年特許願 第102473号

2. 発明の名称 変形の測定方法

3. 補正をする者

事件との関係 出願人

名称 (679) 理化学研究所

4. 代理人

住 所 東京都千代田区九の肉4丁目1番1号(電話 代表 211-2741番)

氏 名 (5995) 弁理士 中 村

5. 補正命令の日付 自 発

6.

7. 補正の対象 明細書の発明の詳細な説明の欄

8. 補正の内容



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.